

Fahrrinnenanpassung 1999/2000

Auswirkungen auf die wirbellose Bodentierwelt des Elbeästuars





Impressum

Herausgeber: Projektgruppe Beweissicherung

im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg, Moorweidenstraße14, 20148 Hamburg *(www.bs-elbe.de)*

Konzept und Text: BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (www.bioconsult.de)

Fotos: BioConsult Schuchardt & Scholle GbR und WSA Hamburg Gestaltung und Satz: idc bremen GmbH (www.idc-bremen.de)

Quellen

Der Text der Broschüre basiert wesentlich auf folgenden Quellen:

- BfG (1996): BfG-Ästuarmonitoring in Ems, Jade, Weser, Elbe Makrozoobenthos 1995 Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. BfG-Bericht 1040: 34 S. u. Anlagen.
- BfG (1997): BfG-Ästuarmonitoring in Ems, Jade, Weser, Elbe und Eider Makrozoobenthos 1996 Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. BfG-Bericht 1113: 42 S. u. Anlagen.
- Bioconsult (2005a): Beweissicherung Fahrrinnenanpassung, Fahrrinne Unterelbe (km 647-km 653), Abschlussbericht: Jahresergebnisse 2004 und interannueller Vergleich 1999–2004.
 Bearbeitung der Oligochaeten durch H. J. Krieg, HUuG – Tangstedt.
 Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg, Oktober 2005, 97 S.
- Bioconsult (2005b): Beweissicherung Außenelbe, Abschlussbericht 2004:
 Jahresergebnisse 2004 und Interannueller Vergleich 1999–2004.

 Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg, Oktober 2005, 161 S.
 Bearbeitung der Oligochaeten durch H. J. Krieg, HUuG Tangstedt.
- Bioconsult (2005c): Beweissicherung Fahrrinnenanpassung 2004,
 Baggergutablagerungsfläche Twielenfleth, Unterelbe,
 Abschlussbericht: Jahresergebnisse 2004 und Interannueller Vergleich 1999–2004.
 Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg, Oktober 2005, 65 S.,
 Bearbeitung der Oligochaeten durch H. J. Krieg, HUuG Tangstedt.
- Bioconsult (1999–2003): BfG-Ästuarmonitoring in Ems, Jade, Weser, Elbe und Eider. Auftraggeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- Bioconsult (2004): Untersuchungen zum Makrozoobenthos im Bereich verschiedener Klappstellen der Unter- und Außenelbe. HABAK/HABAB Elbe 2002/2003.
 Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg, Mai 2004, 249 S.
- Schuchardt, B. (1995): Die Veränderung des Tidehubs in den inneren Ästuaren von Eider, Elbe, Weser und Ems. Ein Indikator für die ökologische Verformung der Gewässer. Naturschutz und Landschaftsplanung 27(6): 211–217.

Die Ergebnisse der Beweissicherung stehen im Internet zum Download zur Verfügung: www.bs-elbe.de

Inhalt

1.	Eintunrung
2	Das Elbeästuar.
۷.	Tidehub
	Salzgehalt
	Sedimentbeschaffenheit
	Sedimentoeschaffenneit
3	Die Ausbauten des Elbeästuars – ein Rückblick
J.	Der Anstieg des Tidehubs – eine Folge der Ausbauten
	bet Anstrey des Tidendos – effic rolge del Adsolutett
4.	Welche Faktoren bestimmen die Besiedlung?
	Salzgehalt
	Sublitoral/Eulitoral
	Sedimentbeschaffenheit
	Natürliche Sedimentumlagerung.
	Anthropogene Sedimentumlagerung
	Antinopogene Seannentumagerung
5	Wie ist das Elbeästuar besiedelt?
٥.	THE 1ST das Elocastaal ocsteaciti
6.	Ist das Elbeästuar so besiedelt wie die anderen Ästuare? 13
7.	Die Anpassung der Elbe 1999/2000:
	was für Maßnahmen sind durchgeführt worden? 19
8.	Was für Auswirkungen sind in der Umweltverträglichkeits-
	untersuchung prognostiziert worden?1
9.	Was ist zum Makrozoobenthos untersucht worden? 18
	Probenahme und Auswertung
	Baggerstrecke und Klappstelle Außenelbe
	Baggerstrecke Unterelbe
	Baggergutablagerungsfläche Twielenfleth
	Buggergutuologerungshuche innerennethi
10.	Welche Auswirkungen hatten die Baggerungen
	in der Außenelbe?20
11.	Welche Auswirkungen hatten die Verklappungen
	in der Außenelbe?23
	The del Publication
12.	Welche Auswirkungen hatten die Baggerungen
	in der Unterelbe?
	act officience
13	Welche Auswirkungen hatte die Aufspülung
	bei Twielenfleth
	oer iwielenieur
14	Wie sind die Ergebnisse einzuschätzen?
17.	THE SING GIC ETYCOMOSE CHIZOSCHARZCH
4.5	01

Die Auswirkungen der Fahrrinnenanpassung 1999/2000 auf die wirbellose Bodentierwelt



1. Einführung

Die Elbe als einer der größten Ströme Mitteleuropas bildet mit einem Gezeiteneinfluss, der über 100 km in das Binnenland hineinreicht, in ihrem Unterlauf mit Unter- und Außenelbe das längste Flachlandästuar Mitteleuropas. Es stellt ein komplexes hydrographisches und ökologisches System dar, in welchem sich Einflussfaktoren wie Gezeiten, Oberwasserzufluss, Salz und Wind überlagern und in ihrer hohen Variabilität und gemeinsamen Wirkung den Naturraum Tideelbe prägen. Das Elbe-Ästuar mit seinen ausgedehnten Süß- und Brackwasserwatten sowie den Flachwasserbereichen besitzt nicht nur eine ökologische, sondern auch eine hohe wirtschaftliche Bedeutung, da es die Zufahrt zu Deutschlands bedeutendstem Seehafen Hamburg darstellt.

Um diese wirtschaftliche Bedeutung sicherzustellen, ist das Elbeästuar in den letzten hundert Jahren immer wieder an wachsende Schiffsgrößen angepasst, also v.a. vertieft worden.

Die jüngste Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Größenentwicklung der Containerschifffahrt erfolgte in den Jahren 1999/2000. Ziel der Maßnahme war es, Schiffen mit Tiefgängen bis 12,8 m (vorher 12,0 m) zu ermöglichen, den Hafen tideunabhängig anlaufen bzw. verlassen zu können. Schiffen mit einem Tiefgang bis zu 13,8 m (bisher 12,8 m) sollten den Hafen tideabhängig anlaufen bzw. verlassen können. Etwa 6 Jahre nach dieser letzten Vertiefung ist derzeit eine weitere Anpassung in Vorbereitung. Zur Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe waren umfangreiche Sedimentumlagerungen (Baggerungen und Verklappungen) erforderlich, um die Fahrrinne zu verbreitern und zu vertiefen.

Die Baumaßnahmen 1999/2000 erfolgten auf der Grundlage eines Planfeststellungsverfahrens, in dem die Auswirkungen auf andere Nutzungen und die Umwelt prognostiziert und beurteilt wurden. Die in diesem Rahmen erstellte Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) kam zu dem Ergebnis, dass es durch die erforderlichen Sedimentumlagerungen u.a. zu Beeinträchtigungen der wirbellosen Bodentierwelt, des sogenannten Makrozoobenthos oder kürzer Benthos, kommen würde.

Um zu überprüfen, ob die in der UVU erwarteten Beeinträchtigungen des Benthos auch so eingetreten sind, haben die Träger des Vorhabens (das Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg und Strom- und Hafenbau Hamburg – heute: Hamburg Port Authority) zwischen 1999 und 2004 im Rahmen eines größeren Programms zur Beweissicherung auch eine Untersuchung zu den Auswirkungen auf die wirbellose Bodenfauna durchführen lassen.

In der vorliegenden Broschüre werden die Ergebnisse dieser Untersuchungen zusammengefasst.

2. Das Elbeästuar

Das Elbeästuar (von aestus = Gezeit) umfasst die Unter- und die Außenelbe. Die Orientierung wird durch die Stromkilometrierung erleichtert. Die Kilometrierung der Elbe beginnt beim Eintritt in das Bundesland Sachsen mit Strom-km 0. Die obere Tidegrenze, welche die stromaufseitige Grenze des Elbeästuars bei normalen Tiden markiert ist das Wehr Geesthacht bei km 585,9. Bis km 607,5 erstreckt sich die relativ schmale, ca. 200 m breite Tideelbe. Seewärts bis km 625,6 schließt sich das Stromspaltungsgebiet mit der Stadt Hamburg an. Von diesem werden heute nur noch die Norderund Süderelbe bzw. der Köhlbrand durchströmt. Der Bereich zwischen dem Zusammenfluss von Norderelbe und Köhlbrand bei km 625.6 und Cuxhaven bei km 727,7 wird als Unterelbe bezeichnet. Die Breite nimmt zwischen Hamburg und Brunsbüttel von ca. 500 auf etwa 2000 m zu und verbreitert sich dann trichterförmig. Die Unterelbe besteht aus mehreren Rinnen, von denen jeweils eine zum Fahrwasser ausgebaut und stärker durchströmt ist. Die sog. Nebenelben sind schwächer durchströmt und unterliegen naturgemäß einer gewissen Auflandung. Watt- und Röhrichtflächen sind in unterschiedlicher Breite vorhanden.

Der seewärts anschließende Teil des Ästuars zwischen km 727,7 und km 769,4 wird als Außenelbe bezeichnet. Hier wird das Fahrwasser von sehr breitem Watt begleitet.

Die Lebensbedingungen für Tiere und Pflanzen werden im Ästuar v.a. durch den Tidehub, die Vermischung von Salz- und Süßwasser und die Beschaffenheit der Sedimente bestimmt.

Tidehub

Aus der Nordsee laufen zweimal am Tag Ebbe und Flut in das Elbeästuar ein. An der gesamten deutschen Nordseeküste beträgt der Tidehub, also der Unterschied zwischen mittlerem Tidehochwasser und Niedrigwasser, mehrere Meter. In der Elbe erhöht sich jedoch der mittlere Tidehub von 3,0 m in Cuxhaven auf 3,5 m am Pegel Hamburg. Erst stromauf des Stromspaltungsgebietes und damit auch außerhalb des für Seeschiffe ausgebauten Abschnitts sinkt der Tidehub am Wehr Geesthacht um ca. 1 m auf 2,4 m ab. Durch die verschiedenen Vertiefungen seit 1850 hat sich der Tidehub besonders in der Unterelbe ständig erhöht.





Salzgehalt

Im Ästuar vermischen sich das salzige Meerwasser der Nordsee und das Süßwasser der Elbe und bilden dadurch eine Brackwasserzone. Durch die höhere Dichte des bodennah in das Ästuar vordringenden Salzwassers kommt es zur Ausbildung eines stromauf gerichteten Salzkeils, dem sich das abfließende leichtere Süßwasser überlagert. Die Lage und Ausbildung der Brackwasserzone wird zum einen durch die Gezeiten und zum anderen durch die Menge des Oberwassers bestimmt. Die Grenzen der Brackwasserzonen sind im sog. Venedig-System durch ihren Salzgehalt bestimmt. Dabei wird die limnische Zone (< 0,5 ‰) von der oligohalinen Zone (0,5–5 ‰), der mesohalinen Zone (5–18 ‰) und der polyhalinen Zone (18–30 ‰) unterschieden. Wie die Lage der Brackwasserzone insgesamt ist auch die Lage der einzelnen Salinitätszonen stark veränderlich.

Die Menge des Oberwassers hat deutlichen Einfluss auf die Position der Brackwassergrenze und damit auch auf die Verbreitung limnischer bzw. mariner Organismen. So lag in den oberwasserreichen Jahren 1987 und 1988 die Brackwassergrenze bei ca. km 690 und während der Elbeflut im August 2002 bei ca. km 720. In den oberwasserarmen Jahren 1989 und 1992 verschob sich die Brackwassergrenze stromauf bis Lühesand bei km 650.

Sedimentbeschaffenheit

Die Zusammensetzung der Sedimente im Sublitoral des Elbeästuars wird v.a. durch die Strömungsgeschwindigkeiten geprägt. Im Fahrwasser, wo höhere Geschwindigkeiten vorherrschen, dominieren Mittelsande, während die strömungsärmeren Seitenräume hauptsächlich Feinsande aufweisen. Sowohl Grobsande als auch ältere Sedimente wie z.B. Geschiebemergel stehen nur örtlich an, das Gleiche gilt auch für Schlicke. Auf strömungsberuhigten Wattbereichen, wie zum Beispiel dem Mühlenberger Loch, können jedoch auch Schlicke dominieren.



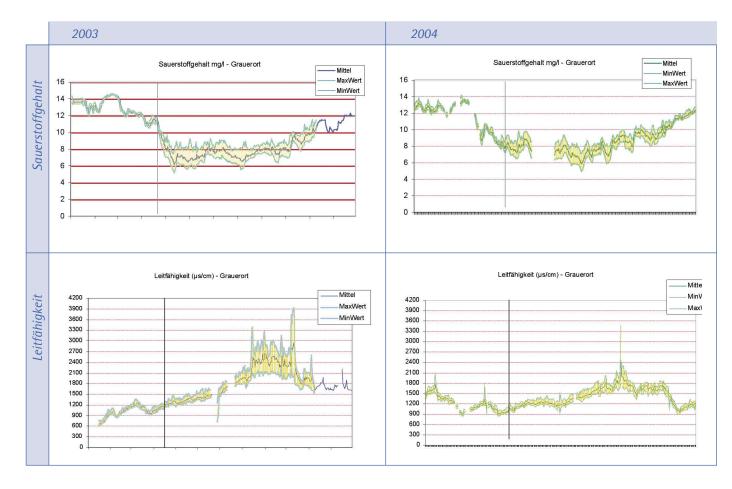
Tab. 1: Wesentliche Kenngrößen des inneren Ästuars der Elbe

Einzugsgebiet bis Tidewehr (km²)	135.000
Länge inneres Ästuar (km)	120
mittleres Oberwasser (m³/sec)	725

mittlerer Tidehub (m):

Cuxhaven	3,0
Glückstadt	2,8
Hamburg St. Pauli	3,5
Geesthacht	2,4

Abb 1: Interannuelle und saisonale Variabilität verschiedener abiotischer Parameter (Sauerstoff und Leitfähigkeit) in der Unterelbe (Pegel Grauerort, El-km 660) im Zeitraum von Januar bis Dezember 2003 sowie Januar bis Dezember 2004.



Quelle: Wassergütestelle Elbe, Hamburg. Schwarze Linien = Zeitpunkt der Makrozoobenthos-Probeentnahme.







3. Die Ausbauten des Elbeästuars – ein Rückblick

Um die wirtschaftliche Bedeutung des Seehafens Hamburg zu sichern, ist das Elbeästuar immer wieder an die wachsenden Schiffsgrößen angepasst worden. Dies erfolgte sowohl durch Baggerungen an der Sohle als auch durch strombauliche Maßnahmen, die die Selbsträumkraft des Flusses auf die Stromrinne konzentrieren sollten (Befestigung von Sänden, Bau von Buhnen und Leitwerken). Die Maßnahmen konzentrierten sich dabei auf die Unterelbe, da die Außenelbe über lange Zeit natürlicherweise ausreichende Wassertiefen aufwies. So wurde die Unterelbe seit 1850 in mehreren Ausbauschritten von 2 m bis auf 15,3 m unter SKN vertieft (Tab. 2). Die ersten Vertiefungen erfolgten im Hamburger Raum von 1850 bis 1863 auf zunächst 5 m. Anschließend wurde bis 1910 das Fahrwasser der Unterelbe durch weitere kleine Maßnahmen auf SKN -8 m vertieft. Zusätzlich wurden Strombaumaßnahmen ausgeführt. Zwischen 1922 und 1978 wurde die Unterelbe durch insgesamt vier Ausbauten von SKN -10 m auf SKN -13,5 m schrittweise den wachsenden Schiffsgrößen angepasst sowie das Tidewehr Geesthacht errichtet. Im Jahr 1999 wurde im Rahmen der bisher letzten Anpassung an die Erfordernisse der Containerschifffahrt die Sohle der Außen- und Unterelbe auf SKN -14,4 bis -15,3 m vertieft.

Tab. 2: Zeitliche Abfolge der wesentlichen wasserbaulichen Maßnahmen im inneren Ästuar der Elbe (SKN = Seekartennull, entspr. dem mittleren Springtidenniedrigwasser).

Jahr	Art der Maßnahme
1850	Vertiefung bis auf 5,3 m
bis 1910	Vertiefung des Fahrwassers durch kleinere Maßnahmen auf SKN –8 m
1922-1937	Ausbau auf SKN -10 m
1957-1962	Ausbau auf SKN –11 m
1956-1962	Bau des Tidewehrs Geesthacht
1964-1969	Ausbau auf SKN -12 m
1974–1978	Ausbau auf SKN –13,5 m
1999-2000	Fahrrinnenanpassung auf SKN -14,4 bis -15,3 m

Der Anstieg des Tidehubs - eine Folge der Ausbauten

Natürlicherweise nimmt im Ästuar aufgrund der sogenannten morphologischen Dämpfung (v.a. durch Sohlreibung und Stromspaltungen) der Tidehub durch den zunehmenden Energieverlust stromauf ab. Ausbaumaßnahmen reduzieren diese morphologische Dämpfung und führen zu einem Anstieg des Tidehubs, da die Tide durch die Tieferlegung der Sohle des Fahrwassers und seine Verbreiterung besser ("glatter") in das Ästuar einlaufen und bei Ebbe auch wieder ablaufen kann. Dabei sinkt das mittlere Tideniedrigwasser ab und das mittlere Tidehochwasser steigt an. Diese ausbaubedingte Verformung der Tidekurve ist im inneren Ästuar stärker ausgeprägt als im äußeren.

In den vergangenen Jahrzehnten kam es daher zu einer deutlichen Erhöhung des Tidehubs in der Unterelbe. So lag beispielsweise der Tidehub in Hamburg St. Pauli um 1900 bei 1,9 m; heute beträgt er dort ca. 3,5 m. Der zeitliche Verlauf zeigt eine langsame und relativ kontinuierliche Zunahme von 1900 bis 1960. Ein deutlich steilerer Anstieg erfolgte dann bis ca. 1980, also während der Vertiefungen auf 11 m, 12 m und 13,5 m. Seit ca. 2000 findet keine signifikante Tidehuberhöhung mehr statt.

4. Welche Faktoren bestimmen die Besiedlung?

Die wirbellose Bodentierwelt zeigt im Elbeästuar typische Verteilungsmuster, die sich durch unterschiedliche Artenzusammensetzungen und Besiedlungsdichten unterscheiden. Bevor diese im nächsten Kapitel behandelt werden, sind die wesentlichen Faktoren, die diese Muster verursachen, im Folgenden beschrieben.

Salzgehalt

Entscheidend wird die Artenzusammensetzung im Ästuar durch den Salzgehalt geprägt. Dieser zeigt im Ästuar einen typischen Verlauf mit zunehmenden Konzentrationen vom Süßwasserbereich in Hamburg bis zum Salzwasser der Nordsee (s. Kap. 2). Die limnische Zone ist durch typische Arten des Süßwassers geprägt; die polyhaline Zone, also der seewärtige Teil des Ästuars, durch Arten der Nordsee. Dazwischen jedoch, in der Brackwasserzone, können nur an starke natürliche Schwankungen der Salinität angepasste Arten überleben; diese bilden dann jedoch oft hohe Bestandsdichten aus.

Sublitoral/Eulitoral

Das Sublitoral, der ständig, also auch bei Niedrigwasser, unter Wasser liegende Bereich wird zum Teil von anderen Arten besiedelt als das Eulitoral (das bei jedem Niedrigwasser trockenfallende Watt).

Sedimentbeschaffenheit

Die Zusammensetzung der Sedimente am Gewässerboden ist örtlich recht unterschiedlich (s. Kap. 2). Schlickige Sedimente werden dabei von anderen Tierarten bevorzugt als sandige oder kiesige Substrate. Die Sedimenttypen Schlick, Feinsand, Mittelsand, Grobsand und Kies weisen also jeweils ganz typische Artengemeinschaften auf.

Natürliche Sedimentumlagerung

Durch die Tide und die durch sie verursachten Strömungen werden die Sedimente in der Stromrinne häufig umgelagert. Es bilden sich typischerweise große bis zu einigen Metern messende Großrippel oder



Unterwasserdünen, in denen ständig Sand transportiert wird. Durch die verschiedenen Vertiefungen hat sich dieser Prozess intensiviert. In bestimmten Bereichen kommt es zum dauerhaften Abtransport von Material, zur Erosion; in anderen Bereichen wird Material dauerhaft abgelagert, es sedimentiert. Zu besonders umfangreichen Umlagerungen kann es durch Hochwasserereignisse, wie das "Jahrhunderthochwasser" der Elbe im August 2002, kommen.

Die natürlichen Sedimentumlagerungen prägen auch die wirbellose Bodentiergemeinschaft. So können in den sehr dynamischen Großrippeln nur relativ wenige an die dort vorhandene ständige Sedimentumlagerung angepasste Arten leben.

Anthropogene Sedimentumlagerung

Um die planfestgestellten Wassertiefen in der Fahrrinne zu halten, ist in vielen Bereichen der Fahrrinne eine mehr oder weniger häufige Unterhaltungsbaggerei erforderlich, da sowohl von Ober- und Unterstrom als auch aus den Seitenbereichen immer Sediment in die Fahrrinne eingetragen wird (Tab. 3). Das Material wird überwiegend im Ästuar umgelagert und auf sogenannte Klappstellen verbracht. Eine Unterbringung an Land erfolgt heute kaum noch.

Auch die anthropogene Sedimentumlagerung ist ein Faktor, der die Verteilung und Zusammensetzung der Benthos-Gemeinschaften beeinflusst. Das gilt sowohl für die Bereiche in denen gebaggert wird als auch für die Stellen, an denen das Material verklappt wird.



Tab. 3: Verklappte Baggergutmengen (in Mio. m³) (nach Daten des Arbeitskreises "Baggerei Küste" der WSV, ergänzt durch Daten des Baggerbüros Küste, WSA Bremerhaven).

Jahr	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2002	2003
Menge	11,7	6,7	11,9	7,1	12,0	10,0	12,2	12,2





5. Wie ist das Elbeästuar besiedelt?

Das Elbeästuar weist insgesamt eine relativ artenreiche wirbellose Bodentiergemeinschaft auf. Diese wird auch als Zoobenthos bezeichnet. Das Zoobenthos schließt sowohl die festsitzenden (sessilen) Organismen als auch die kriechenden, laufenden oder vorübergehend schwimmenden, also vagilen Bodentiere ein. Anhand der Größe wird grob unterschieden in Makrobenthos (> 1 mm), Meiobenthos (1–0,063 mm) und Mikrobenthos (unter 0,063 mm). Im Mittelpunkt dieser Darstellung steht das Makrozoobenthos.

Artenzusammensetzung und Besiedlungsdichte werden, wie in Kap. 4 skizziert, vor allem vom Salzgehalt und der Sedimentzusammensetzung, aber auch weiteren Faktoren bestimmt.

In den vergangenen 10 Jahren wurden mehr als 100 Makrozoobenthosarten in der Tideelbe zwischen km 630 und km 750 dokumentiert. Von diesen sind jedoch nur relativ wenige Arten regelmäßig und in höheren Besiedlungsdichten anzutreffen. Etwa 20% der Arten werden stetig und individuenreich angetroffen, der Großteil der restlichen Arten tritt, abhängig von dem jeweiligen Untersuchungsgebiet, eher sporadisch und in geringer Abundanz auf. Gegenwärtig weist insbesondere die Fahrrinne sowohl in der Unter- als auch in der Außenelbe i.d.R. aufgrund der starken Sedimentdynamik ein reduziertes Artenspektrum auf. Im Hinblick auf Artenspektrum und Besiedlungsdichte variieren die Benthosgemeinschaften in Abhängigkeit der Salinitätszonen.

In der limnisch/oligohalinen Zone wird die Benthosgemeinschaft vor allem von Arten aus den Gruppen der Oligochaeten (wenigborstige Würmer) und Crustaceen (Krebse) dominiert. Euryhaline, also an stark schwankende Salzgehalte angepasste sowie marine Arten sind nur vereinzelt anzutreffen. Charakteristische Arten für die Gruppe der Oligochaeten sind *Propappus volki* sowie *Limnodrilus hoffmeisteri*. Neben den Oligochaeta treten in diesem Bereich auch Polychaeten (vielborstige Würmer) auf. Regelmäßig kommt *Marenzelleria cf. viridis* vor. Andere Polychaeten wie beispielsweise *Hediste diversicolor* oder *Neanthes succinea* treten nur sporadisch und in geringer Abundanz auf. Eine weitere bedeutsame Gruppe sind die zu den Crustaceen zählenden Amphipoden (Flohkrebse) besonders mit den Arten *Bathyporeia elegans* und *B. pilosa* sowie *Gammarus*

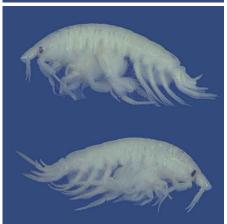


zaddachi und G. tigrinus. Die (kleineren) Bathyporeia-Arten sind dabei deutlich häufiger als die Gammariden. Andere Organismengruppen wie Gastropoden (Schnecken) oder Bivalvia (Muscheln) sowie die Gruppe der Insekten gehören heute nicht (mehr) zu den prägenden Artengruppen. So waren beispielweise Ende des 19. Jahrhunderts noch 11 Muschelarten in der Unterelbe vertreten, während heute für die Unterelbe nur noch 3 Arten angegeben werden. Insgesamt sind in der limnischen Zone heute etwa 60 Makrozoobenthosarten anzutreffen.

Im mesohalinen Abschnitt der Elbe ist im Vergleich zum limnisch/oligohalinen Bereich mit ca. 50 Arten ein etwas geringeres Artenspektrum vorhanden. Ursache ist, dass einige der limnischen Arten aufgrund des erhöhten Salzgehaltes nicht mehr und marine Arten wegen des zu geringen Salzgehaltes noch nicht in größerem Umfang auftreten. Die Benthosgemeinschaft wird neben einigen limnischen Arten vermehrt von euryhalinen und marinen Arten und z.T. von Brackwasserarten dominiert. Oligochaeten haben hier eine wesentlich geringere Bedeutung als im limnisch/oligohalinen Bereich. Prägende Artengruppen sind sowohl Crustaceen als auch Polychaeten (vielborstige Würmer); Besiedlungsdichte und Biomasse werden dabei von den Polychaeten dominiert. Zum Arteninventar dieses Elbeabschnitts gehören neben dem Keulenpolypen Cordylophora caspia, dem wenigborstigen Wurm Tubifex costatus, den Flohkrebsen Gammarus salinus, G. zaddachi und dem Schlickkrebs Corophium lacustre auch die Wasserschnecke Potamopyrgus antipodarum, die Wattschnecke Hydrobia ulvae sowie Muscheln wie die Baltische Tellmuschel *Macoma balthica* (siehe großes Bild Seite 11), die Miesmuschel Mytilus edulis und die Sandklaffmuschel Mya truncata.

Der polyhaline Abschnitt der Elbe wird fast ausschließlich durch marine und euryhaline Arten geprägt. Mit insgesamt 72 Makrozoobenthosarten ist der polyhaline Abschnitt bis km 750 im Vergleich zum limnisch/oligohalinen und mesohalinen Abschnitt am artenreichsten. Die Oligochaeten spielen anders als noch in der limnisch-oligohalinen Zone keine Rolle mehr. Lediglich der euryhaline Tubificoides benedii wurde in diesem Bereich mehr oder weniger regelmäßig erfasst. Die Anzahl der Polychaeten nimmt mit 32 Taxa im polyhalinen Bereich deutlich zu. Die häufigsten Arten sind verschiedene Nephthys-Arten (N. cirrosa, N. hombergii), Magelona mirabilis und Scolelepis squamata. Neben den Polychaeten spielen auch die Crustaceen mit 16 Taxa aus quantitativer Sicht eine wichtige Rolle. Hier stellen die Amphipoden der Gruppe Bathyporeia mit 5 Arten die artenreichste Crustaceen-Familie dar (4 Arten siehe Bilder links). Die Dominanz der Amphipoden ist wohl auf die überwiegend sandigen und z.T. grobsandigen Sedimente zurückzuführen, die von diesen Arten bevorzugt besiedelt werden. Im Vergleich zu den anderen Elbabschnitten gewinnen Bivalvia (Muscheln) durch höhere Artenzahl und Individuendichte in diesem Bereich an Bedeutung.







6. Ist das Elbeästuar so besiedelt wie die anderen Ästuare?

Seit 1995 führt die Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz (BfG) in den Ästuaren von Elbe, Weser, Ems und Eider sowie in der Jade ein Monitoring-Programm zum Makrozoobenthos durch. Ziel dieses Programms ist die Erfassung der räumlichen und zeitlichen Variabilität des Makrozoobenthos in einem großräumigen und langfristigen Maßstab. Die untersuchten Stationen liegen in den verschiedenen Salinitätszonen (limnisch bis euhalin) der Ästuare. Die Auswertung der erfassten Daten von 1995 bis 1999 zeigt, dass die vier Ästuare sowie die Jade deutliche Gemeinsamkeiten in ihren Artenspektren und –zahlen sowie Abundanzen und Biomassen aufweisen. Generell zeigt sich eine Zunahme der Artenzahl vom limnischen über das oligohaline, mesohaline und polyhaline bis zum euhalinen Milieu.

Insgesamt konnten seit 1999 im Rahmen des Ästuarmonitorings 168 verschiedene Arten des Makrozoobenthos in den untersuchten Gewässern (Eider, Elbe, Weser, Jade, Ems) nachgewiesen werden. Viele dieser Arten kommen jedoch nur sporadisch vor.

Neben den Gemeinsamkeiten werden durch die Untersuchungen auch Spezifika der Besiedlung der einzelnen Ästuare deutlich. So ist die in Ems und Weser bisher nachgewiesene Artenzahl deutlich höher als die in Elbe und Eider: im Jahr 2003 wurden für die Ems 84 Taxa ermittelt, davon waren 8 Rote Liste-Arten. Im Weserästuar konnten 72 Taxa mit 6 Rote Liste-Arten nachgewiesen werden. Die Gesamtartenzahl in der Eider betrug dagegen nur 35 Arten (3 Rote Liste-Arten) und im Elbeästuar im Rahmen des Ästuarmonitorings nur 39 Arten, davon 3 Rote Liste-Arten. Die geringere Artenzahl in der Eider ist vermutlich auf die geringe Ausdehnung des Ästuars zurückzuführen. Die Ursachen für die geringere Artenzahl im Elbeästuar, dem größten der hier verglichenen Ästuare, ist bisher unklar. Allerdings kann diese geringere Artenzahl der Elbe auch methodisch bedingt oder standortabhängig sein; dies müssen weitere Untersuchungen klären.



Tab. 4: Im Rahmen des BfG Ästuarmonitorings in 2003 nachgewiesene Taxa in Ems, Weser, Eider und Elbe.

	Ems	Weser	Eider	Elbe
Taxa insgesamt	84	72	35	39
Anthozoa	4			
Hydrozoa	8	8	5	
Gastropoda	2	1	1	
Bivalvia	4	3	1	1
Polychaeta	26	19	5	13
Clitellata	4	5	5	1
Crustacea	28	31	16	24
Echinodermata	1			
Bryozoa		4	1	
Insecta		1	1	
Andere	7			





7. Die Anpassung der Elbe 1999/2000: was für Maßnahmen sind durchgeführt worden?

Im Zuge der Maßnahme "Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt" wurde die Fahrrinne zwischen der Deutschen Bucht und dem Hamburger Hafen für die Erfordernisse der Containerschifffahrt ausgebaut. Abbildung 2 (Seite 16) zeigt, dass durch die Maßnahmen die Fahrrinnentiefe von 13,5 m unter Kartennull (KN) auf 14,40 m im zentralen Abschnitt der Unterelbe (sog. Sockelbereich) und 15,30 m bzw. 15,20 m an den Enden der Ausbaustrecke vergrößert worden ist. Zusätzlich wurden, wo erforderlich, Verbreiterungen der Fahrrinnentiefen ermöglichen heute einen tideunabhängigen Schiffsverkehr mit maximal 12,50 m Tiefgang. Der mögliche Maximaltiefgang beträgt 13,50 m im tideabhängig von Hamburg auslaufenden Verkehr.

Grundsätzlich ist zu Unterscheiden zwischen den vergleichsweise geringfügigen Baggerarbeiten die im Rahmen so genannter vorgezogener Teilmaßnahmen ausschließlich im Bereich der Bundesstrecke durchgeführt wurden und den Hauptarbeiten zur Fahrrinnenanpassung, mit denen nach dem Vorliegen der beiden Planfeststellungsbeschlüsse begonnen wurde. Im Rahmen von vorgezogenen Teilmaßnahmen wurde zwischen Dezember 1997 und August 1998 insgesamt rund 2 Mio m³ Boden gebaggert. Das Baggergut wurde im Strom umgelagert. Weiterhin wurden vorbereitende Arbeiten zur Anlage der Randschwellen der Baggergutablagerungsflächen (BAF) und des Baues des Spülfeldes Pagensand ausgeführt.

Die Nassbaggerarbeiten zur endgültigen Fahrrinnenvertiefung wurden nach Vorliegen der Planfeststellungsbeschlüsse am 16. März 1999 begonnen. Im Bereich des WSA Cuxhaven wurde der Boden auf Klappstellen und im Bereich des WSA Hamburg in Abhängigkeit von der Bodenart auf ein Spülfeld und in BAF verbracht. Die Freigabe der neuen Fahrrinnentiefen erfolgte am 14. Dezember 1999. Zwischen Februar und Ende Mai 2000 erfolgten Nachbearbeitungen im Bereich der Mergelbaggerstrecke vor Wedel. Bis Ende 2000 wurden noch Restbaggerungen an der Störkurve ausgeführt. Parallel hierzu erfolgten Baggerungen des morphologischen Nachlaufes.



Die Ausbaubaggermenge betrug ohne vorgezogene Teilmaßnahmen insgesamt rund 14 Mio m³. Als Bauabschlusstermin wurde der Planfeststellungsbehörde der 30.11.2000 angezeigt. Dieser Termin war damit gleichzeitig der Ausgangstermin für die zeitlichen Festlegungen zur Ausführung der Beweissicherungsmessungen, die im Planfeststellungsbeschluss angeordnet worden sind.

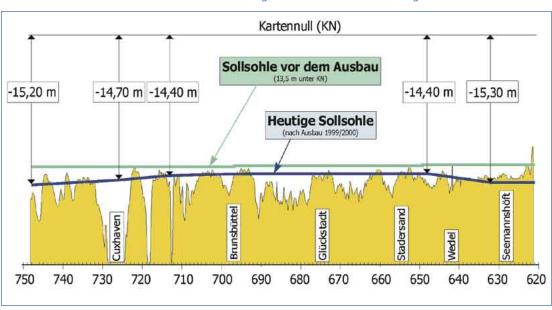
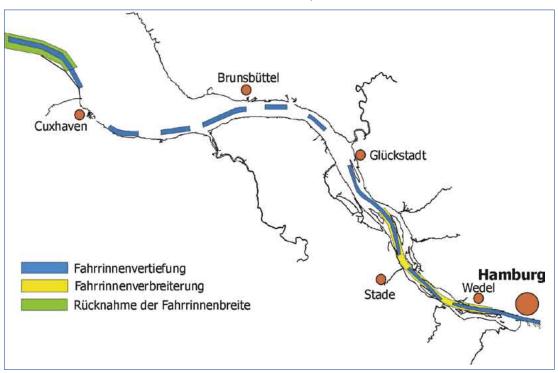


Abb. 2 Vertiefungsmaß der Fahrrinne im Längsschnitt.





8. Was für Auswirkungen sind in der Umweltverträglichkeitsuntersuchung prognostiziert worden?

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU), die Bestandteil der Antragsunterlagen zum Genehmigungsverfahren für die Anpassung der Elbe war, sind die Auswirkungen durch das Vorhaben "Anpassung der Elbe" untersucht und prognostiziert worden. Für das Makrozoobenthos wurden durch folgende Maßnahmen Beeinträchtigungen erwartet:

- durch die Ausbaubaggerungen zur Vertiefung der Gewässersohle, durch die die Besiedlung des Gewässergrundes mit dem Sediment entfernt wird. Es wurde angenommen, dass eine Wiederbesiedlung der Gewässersohle, die dem Zustand vor der Ausbaubaggerung weitgehend entspricht, innerhalb von 1 bis 3 Jahren stattfinden würde.
- durch die Verbringung des Baggerguts auf Klappstellen in den Seitenräumen des Gewässers, durch die die dort vorhandenen Lebensgemeinschaften überdeckt und damit beeinträchtigt werden. Auch hier wurde angenommen, dass innerhalb von 1 bis 3 Jahren eine Wiederbesiedlung stattfinden würde
- durch den Bau von Baggergutablagerungsflächen (BAF), die durch die Aufspülung von sandigem Baggergut hergestellt worden sind, durch die die dort vorhandenen Lebensgemeinschaften überdeckt und damit beeinträchtigt werden. Auch hier wurde angenommen, dass innerhalb von 1 bis 3 Jahren eine Wiederbesiedlung stattfinden würde. Zusätzliche Beeinträchtigungen wurden durch den Einbau von Fuß- und Randsicherungen bei der BAF erwartet.

Die Auswirkungen wurden in der UVU für verschiedene Abschnitte des Elbeästuars anhand der Baubeschreibung differenziert hergeleitet, da zum einen die o.g. Maßnahmen nicht überall erforderlich waren und zum anderen aufgrund der unterschiedlichen Besiedlung verschiedener Abschnitte der Elbe die Empfindlichkeit der Arten unterschiedlich ist. Berücksichtigt wurden die Parameter Artenzahl, ökologische Funktionen und Wiederherstellbarkeit (Regenerationspotential). Die Prognose der Auswirkungen der Ausbaumaßnahme erfolgte dabei unter der Annahme, dass die für die Anpassung erforderlichen Sedimentumlagerungen (Baggern und Verklappen) einen gegenüber der planmäßigen Unterhaltung der Fahrrinne deutlich höheren Umfang erfordern und damit eine entsprechend große Störung darstellen würden.





9. Was ist zum Makrozoobenthos untersucht worden?

Um zu überprüfen, ob die in der UVU erwarteten Beeinträchtigungen des Benthos auch so eingetreten sind, haben die Träger des Vorhabens (das Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg und Strom- und Hafenbau Hamburg – heute Hamburg Port Authority) zwischen 1999 und 2004 im Rahmen eines größeren Programms zur Beweissicherung auch eine Untersuchung zu den Auswirkungen auf die wirbellose Bodenfauna im Bereich der Außenelbe und der Unterelbe durchführen lassen.

Um mögliche Beeinträchtigungen durch Baggern und Verklappen infolge der Fahrrinnenanpassung zu identifizieren, sind von einer begleitenden Arbeitsgruppe aus Vertretern der Vorhabensträger und der Länder Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Hamburg mehrere charakteristische Untersuchungsflächen festgelegt worden. Diese waren:

- eine Baggerstrecke in der Fahrrinne der Außenelbe zwischen km 730 und km 740,
- eine Klappstelle im Seitenbereich der Außenelbe bei km 733,
- eine Baggerstrecke in der Fahrrinne der Unterelbe zwischen km 647 und km 653,
- die Baggergutablagerungsfläche Twielenfleth in der Unterelbe.

Dabei standen folgende Fragen im Vordergrund:

- Wie verändern sich Artenzusammensetzung und Individuenzahlen nach Durchführung der Baumaßnahme auf den betroffenen Flächen?
- In welcher Form und wie zügig findet eine Wiederbesiedlung statt?

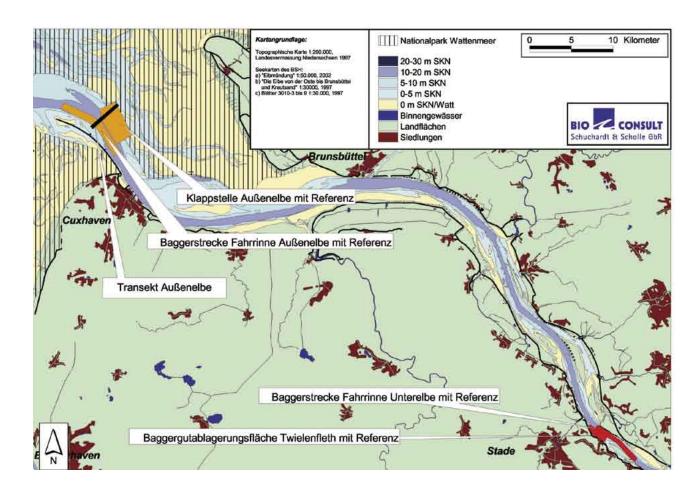
Probenahme und Auswertung

Die Probenahme in den 4 Untersuchungsbereichen erfolgte bereits vor Beginn der Baumaßnahmen, um den Ausgangszustand zu beschreiben. Nach der Baumaßnahme erfolgten die Probennahmen sowohl auf den unmittelbar vom Baggern oder Verklappen betroffenen Flächen als auch auf Referenzflächen, die nicht betroffen waren. Der Vergleich zwischen Referenz und betroffenem Gebiet sollte es ermöglichen, die möglichen Auswirkungen der Maßnahmen von der natürlichen Variabilität der Benthosgemeinschaften differenzieren zu können.

Die Probenahme erfolgte vom Schiff aus mit Hilfe eines 2-Backen Bodengreifers (Van-Veen Greifer) an den verschiedenen Stationen; an jeder Station wurden 6 Greifer entnommen. Der Inhalt jedes Greifers wurde an Bord vollständig gesiebt, der Siebrückstand konserviert und im Labor sortiert. Die Bestimmung der Arten erfolgte unter dem Binokular bzw. dem Mikroskop. Es wurden sowohl "größere Faunenelemente" (> 1000 um, das Makrozoobenthos im eigentlichen Sinne) als auch "kleinere Faunenelemente" (> 250 μ m, v.a. Oligochaeten – wenigborstige Würmer) untersucht (diese wurden aus kleineren Unterproben sortiert). Letztere Gruppe wurde, obwohl nicht zum Makrozoobenthos gehörend, in der Unterelbe in die Untersuchung einbezogen, da sie dort mit zu den prägenden Faunenelementen gehört.

Um mögliche Auswirkungen der Vertiefungsmaßnahmen zu identifizieren, wurden die Parameter Artenspektrum, Artenzahl, Dominanz- und Altersstruktur sowie die Besiedlungsdichte der Benthosgemeinschaften analysiert.





Baggerstrecke und Klappstelle Außenelbe

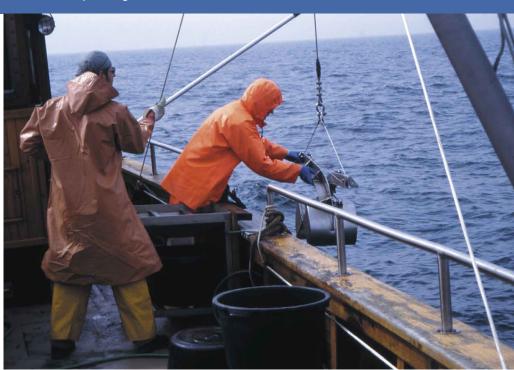
Die Untersuchungsgebiete in der Außenelbe umfassen die Teilgebiete Klappstelle bei km 733 sowie die Fahrrinne zwischen km 730 und 740. Um das vorhandene Makrozoobenthos vor Beginn der Bauarbeiten zu erfassen, wurden im April 1999 im Bereich der Klappstelle 23 Stationen beprobt. Im Bereich der Baggerstrecke und in dem Referenzbereich wurden 15 Stationen untersucht. Nach Abschluss der Vertiefungsarbeiten sind in den Jahren 2001 bis 2004 jeweils im Mai Folgeuntersuchungen durchgeführt worden.

Baggerstrecke Unterelbe

Vor den Vertiefungsmaßnahmen, im April 1999, wurde die Unterelbe im Fahrrinnenbereich zwischen km 647 und km 653 an insgesamt 20 Stationen beprobt. Als Referenzstationen liegen davon 7 Stationen außerhalb der Ausbaustrecke. Nach Abschluss der Vertiefungsarbeiten im Sommer 2000 erfolgten ab Frühjahr 2001 bis 2004 weitere Untersuchungen an den genannten Stationen.

Baggergutablagerungsfläche Twielenfleth

Zur Dokumentation der Besiedlung im Bereich der Baggergutablagerungsfläche Twielenfleth wurde die Wirbellosenbesiedlung an jeweils 17 Stationen 1998/99 vor der Aufspülung und in den Jahren 2001–2004 nach Fertigstellung der Baggergutablagerungsfläche beprobt.





10. Welche Auswirkungen hatten die Baggerungen in der Außenelbe?

Nach den in 1999/2000 vertiefungsbedingt hohen Baggermengen im Bereich der Neubaustrecke fand von 2001 bis 2004 weiterhin z.T. intensive Unterhaltungsbaggerung statt. Insbesondere in 2003 und 2004 wurden im Bereich der Neubaustrecke vergleichsweise hohe Mengen entnommen. In den Referenzbereichen fanden ebenfalls Unterhaltungsbaggerungen statt, allerdings lagen die Mengen im Vergleich zur Neubaustrecke weitaus niedriger. Eine Ausnahme macht in diesem Zusammenhang der Zeitraum Juli/August 2003, hier wurden auch in der nördlichen Referenzfläche/strecke erstmals größere Sedimentmengen entnommen.

Insgesamt konnten im Zeitraum von 1999–2004 ca. 50 Wirbellosenarten in den untersuchten Fahrrinnenabschnitten ermittelt werden. Davon waren aber nur 8 Arten über Raum und Zeit regelmäßig und häufiger anzutreffen. Die Krebstiere (Crustaceen) und vielborstigen Würmer (Polychaeten) waren mit 16 bzw. 17 Taxa die artenreichsten Gruppen, andere Artengruppen wie beispielsweise Muscheln (4 Arten) oder Schnecken (2 Arten) waren nur mit wenigen Arten vertreten und konnten auch nur sporadisch erfasst werden.

Im Hinblick auf die Individuenzahlen waren die Crustaceen die bei weitem häufigsten Tiere. Die dominierenden Arten, v.a. sehr kleine Krebstiere der Gattung Bathyporeia (*B. pelagica, B. pilosa, B. elegans*), trugen Anteile von 75–95 % zur Besiedlungsdichte der Fahrrinnengemeinschaft bei. Örtlich waren auch einige wenige Polychaeten (*Magelona mirabilis, Nepthys cirrosa*) von gewisser quantitativer Bedeutung.

Im Rahmen der UVU-Prognose wurde eine deutliche Reduzierung der Artenzahlen und der Besiedlungsdichte durch die Baggertätigkeiten als wahrscheinlich angesehen. Diese Prognose konnte im Rahmen der Beweissicherungsuntersuchungen nur zum Teil bestätigt werden, denn die Artenvielfalt des untersuchten Fahrrinnenabschnittes hat sich im Verlauf der Untersuchung nicht wesentlich verändert. Im Vergleich zum Jahr 1999 lagen die Artenzahlen in 2004 im Bereich der Baggerstrecke wie auch im Referenzabschnitt sogar etwas höher. Eine besondere Reduktion

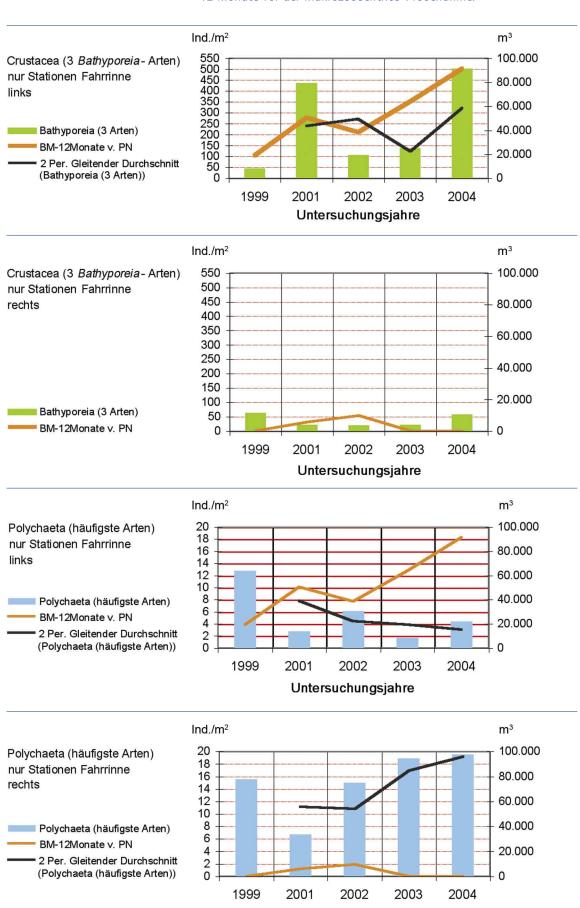
der Ausgangswerte, die durch die Vertiefungsmaßnahme hätte erwartet werden können, konnte nicht festgestellt werden. In Hinblick auf die Entwicklung der Besiedlungsdichten zeigten sich im Vertiefungsbereich artengruppenspezifisch z.T. gegensätzliche Entwicklungen. Während für die Polychaeten der erwartete (allerdings nur recht schwache) Rückgang der Besiedlungsdichte in Folge der Baumaßnahme auch zu beobachten war, kam es bei den Crustaceen zu einer nicht erwarteten deutliche Zunahme der Dichten. Diese auffällig hohen Crustaceen-Abundanzen korrespondierten ebenso wie die reduzierte Besiedlungsdichte der Polychaeten mit hohen Baggerintensitäten. Denkbare Gründe für die trotz der Baggerungen sehr deutliche Zunahme der Besiedlungsdichte der Crustaceen (hier: Bathyporeia) im Vertiefungsbereich könnte die durch die Maßnahme hervorgerufenen Sedimentveränderung (höhere Feinsandanteile) und die damit verbundene höhere Attraktivität dieses Bereiches für die feinsandliebenden Bathyporeia-Arten sein. Auch die durch die Baggerungen hervorgerufenen günstigen Nahrungsbedingungen für die Detritus fressenden Organismen und/oder eine hohe Einwanderungsrate in die zunächst noch weniger oder unbesiedelten Lebensräume könnten ausschlaggebend gewesen sein. Für andere Artengruppen ließen sich aufgrund deren sporadischen Vorkommen keine systematischen Muster erkennen.

Trotz der nach intensiven Baggerungen unerwartet starken Abundanzzuwächse einzelner Arten ist die ausgeprägte Besiedlungsdynamik der Crustaceen (starke Schwankungen der Besiedlungsdichten) als ein möglicher Hinweis auf Wirkungen der Baggerungen (einschließlich der Unterhaltungsbaggerungen) gewertet worden, da im Verlauf der Untersuchung ähnlich ausgeprägte Besiedlungsänderungen im Referenzbereich nicht dokumentiert wurden. Aufgrund der insgesamt eher geringen Besiedlungsdichte der Polychaeta, sowohl im Neubaubereich als auch im Bereich der Referenz, lassen sich Hinweise auf Wirkungen der Vertiefungsarbeiten auf diese Organismengruppe nur sehr eingeschränkt ableiten. Dennoch sind die in der Tendenz rückläufigen Individuenzahlen in stark bebaggerten Bereichen in Zusammenhang mit den Baggerungen zu sehen, da in weniger stark beeinflussten Abschnitten keine analogen Entwicklungen stattgefunden haben.

Erschwert wird die Analyse der Ergebnisse vor dem Hintergrund der Fragestellung dadurch, dass die Neubaustrecke bereits vor und insbesondere auch nach der eigentlichen Vertiefungsmaßnahme z.T. umfangreichen Unterhaltungsbaggerungen unterlag (s.o.). Die faunistischen Befunde veranschaulichen aber insgesamt, dass die Neubaustrecke ca. vier Jahre nach den Neubauarbeiten im Vergleich zur Status-quo-Situation von 1999 nicht faunistisch verarmt ist und die durch Baggerungen betroffenen Abschnitte der Außenelbe in 2004 wieder eine ähnliche Gemeinschaft aufweisen wie vor der Maßnahme.



Abb. 4: Entwicklung der Bathyporeia- und Polychaeta-Abundanz (Individuen/m²) von 1999–2004 im Teilgebiet Baggerstrecke. Durchschnittliche monatliche Baggermenge (BM m³) der letzten 12 Monate vor der Makrozoobenthos-Probenahme.



Untersuchungsjahre

11. Welche Auswirkungen hatten die Verklappungen in der Außenelbe?

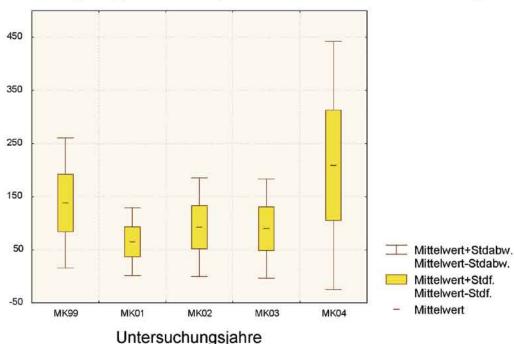
Die untersuchte Klappstelle bei km 733 war bereits vor der Fahrrinnenanpassung an die Containerschifffahrt beaufschlagt worden, so dass deren Besiedlung schon zu Beginn der Untersuchungen eine vorbelastete Situation widerspiegelte. Allerdings erhöhten sich maßnahmenbedingt die Verklappungsmengen von etwa 90.000 m³/Jahr auf etwa das 20fache in 1999/2000. Die umfangreichen Verklappungen führten örtlich zu deutlichen Verringerungen der Wassertiefen. Die verklappten Sedimente bestanden überwiegend aus Sand, so dass es nicht zu einer wesentlichen Veränderung der anstehenden Sedimente kam.

Insgesamt sind zwischen 1999 und 2004 ca. 77 Makrozoobenthostaxa im Untersuchungsgebiet bei km 733 nachgewiesen worden. Dabei variierten die Anzahlen in Bezug auf die jeweiligen Untersuchungsjahre zwischen 30 Taxa in 2001 und 32 Taxa bis 2003 vergleichsweise wenig. In 1999 wurden ebenfalls 32 Taxa nachgewiesen. In 2004 stieg die Artenvielfalt dann auf 48 allerdings sehr deutlich an. Die vielborstigen Würmer (Polychaeten) waren mit 34 Taxa vor den Krebstieren (Crustaceen) mit 22 Taxa die artenreichsten Wirbellosengruppen in diesem Jahr. Im Rahmen der Untersuchung konnten vier sog. "Rote-Liste-Arten", also besonders seltene und/oder gefährdete Arten erfasst werden. Zu diesen gehören das Cypressenmoos (Sertularia cypressina, RL3-gefährdet), die Herzmuschel (Cerastoderma edule, RL-G: Gefährdung anzunehmen), die Bohrmuschel (Petricola pholadiformis, RL-V: Vorwarnliste) sowie der Polychaet Harmothoe impar (RL-G). Die Nachweise beschränkten sich dabei auf Stationen außerhalb der eigentlichen Klappstelle.



Abb. 5: Entwicklung der Makrozoobenthosbesiedlung (Ind./m³) auf der Klappstelle K 733. 1999 Istzustand vor Vertiefungsmaßnahmen. Ab 2001 keine oder nur noch partielle Beaufschlagung der im Rahmen der Vertiefung beaufschlagten Fläche.

Makrozoobenthos - Gesamtbesiedlung 1999-2004 UG 733, Klappstelle 733 (N = 5 Stationen bzw. 30 Greifer)



Aber auch hier wurden sie nur selten und in geringer Anzahl nachgewiesen. Aufgrund ihres sporadischen Vorkommens und der damit verbundenen Fangzufälligkeit waren die "Rote-Liste-Arten" für die in der Untersuchung zu klärende Fragestellung von untergeordneter Bedeutung.

Im Rahmen der UVU-Prognose wurde eine deutliche Reduzierung der Artenzahlen und der Besiedlungsdichte durch die Verklappungstätigkeiten als wahrscheinlich angesehen. Diese Hypothese wurde im Rahmen der Beweissicherungsuntersuchungen im Wesentlichen bestätigt.

Die Untersuchungsergebnisse lassen es plausibel erscheinen, dass die faunistischen Befunde mit den Verklappungsaktivitäten bzw. mit Abnahme und Ende der Verklappungen auf der für die im Rahmen der Vertiefungsarbeiten genutzte Umlagerungsfläche korrespondierten. In 2001, also nach den umfangreichen vertiefungsbedingten Verklappungen, waren insofern die ausgeprägtesten Besiedlungsunterschiede zwischen Klappstelle und dem von Verklappungen unbeeinflussten Referenzbereich zu erkennen, da die Klappstelle geringere Besiedlungskennwerte (Individuendichte, Artenzahl) als die Referenz aufwies. Auch die klappstelleninterne Betrachtung auf der zeitlichen Skala zeigte in 2001 im Vergleich zu 1999 geringere Kennwerte. Nach Abschluss der Vertiefungsarbeiten in 2000 ist die "ursprüngliche" Klappstellenfläche nur wenig bzw. nicht mehr für Verklappungen genutzt worden, da ab 2001 eine sukzessive Verlegung der Klappstelle K733 nach Südosten erfolgte. Nachdem nach 2000 also auf dem größten Teil der Fläche keine Verklappungen mehr erfolgten, konnten ab 2002 Hinweise auf eine beginnende Erholung der Makrozoobenthosgemeinschaft verzeichnet werden. Diese drückte sich im Vergleich zu 2001 durch höhere Arten- und Individuenzahlen aus. Die Entwicklung setzte sich in 2003 auf der Klappstelle nicht weiter fort und blieb in etwa auf dem Vorjahresniveau. In 2004 erfolgten im Bereich der ehemaligen Klappstelle und der Referenz gleichsinnige Entwicklungen, in dem sich in beiden Teilgebieten die Besiedlungskennwerte z.T. deutlich erhöhten. Aufgrund unterschiedlicher örtlicher Entwicklungen wurden in 2003 und auch in 2004 zwar noch gewisse Besiedlungsunterschiede zwischen Klappstelle und Referenz ermittelt, diese waren aber nicht signifikant.

Mit hoher Wahrscheinlichkeit spiegeln die Ergebnisse in 2004 die normale räumliche und zeitliche Variabilität in diesem Gebiet wider. Eine im Vergleich zum Ausgangszustand 1999 vergleichbare Besiedlung hat sich auf der ehemaligen Umlagerungsfläche ca. 3 Jahre nach Abschluss der Verklappungen wieder eingestellt.





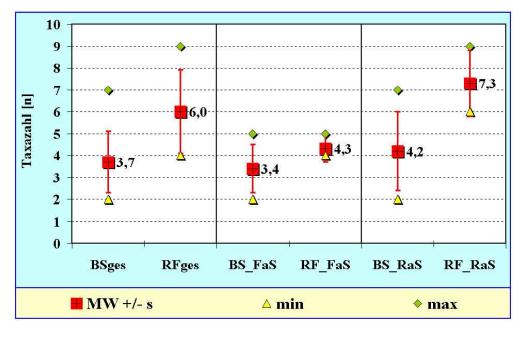
12. Welche Auswirkungen hatten die Baggerungen in der Unterelbe?

Die untersuchte Ausbaustrecke zwischen km 649 und km 653 unterlag in den Jahren von 1997 bis 2004 sowohl vor den Bauarbeiten als auch danach intensiven Unterhaltungsbaggerungen. Die Beantwortung der Frage nach den Auswirkungen der durchgeführten Vertiefungsmaßnahmen ist daher, wie bereits auch für die Baggerstrecke Außenelbe ausgeführt, nur sehr eingeschränkt möglich. Anders als erwartet lagen die Baggermengen während der Ausbaumaßnahme (1999 und 2000) im Vergleich zu den Unterhaltungsbaggermengen vor und nach der Ausbaumaßnahme nicht deutlich höher, sondern im Gegenteil z.T. sogar niedriger. Deshalb sind durch die Ausbaggerungen 1999/2000 auch keine stärkeren Auswirkungen auf das Makrozoobenthos anzunehmen, als sie durch die ähnlich intensive Unterhaltungsbaggerung in den Vergleichzeiträumen ohnehin verursacht wurden. Im gesamten Untersuchungsgebiet konnten im Zeitraum 1999-2004 lediglich 16 "größere" und ca. 24 "kleinere" (Oligochaeten) Wirbellosentaxa nachgewiesen werden. Mit wenigen Ausnahmen kamen die meisten Arten zudem nicht regelmäßig und in z.T. sehr geringer Individuendichte vor. Zu den charakteristischen Arten gehörten die auch in der Außenelbe dominanten Bathyporeia-Arten sowie der Polychaet Marenzelleria viridis. Die häufigsten Oligochaeten waren Propappus volki und Limnodrilus hoffmeisteri.

Der Vergleich der Besiedlungskennwerte (Besiedlungsdichten, Artenzahlen) zwischen Referenz und Ausbaustrecke einerseits und die Betrachtung der gebietsinternen Entwicklung der Benthosgemeinschaft im Bereich der Ausbaustrecke andererseits lässt aus den o.g. Gründen (intensive Unterhaltungsbaggerungen bereits vor und auch nach der Baumaßnahme) im Untersuchungsgebiet sowohl bei den größeren als auch bei den kleineren Organismen keine offensichtlichen Wirkungen der eigentlichen Ausbaubaggerungen erkennbar werden.

Da es den in der UVU-Prognose angenommenen "weniger bzw. nicht beeinflussten Ausgangszustand" aufgrund der schon vor der Ausbaumaßnahme sehr intensiven Unterhaltungsbaggerungen in dem Untersuchungsbereich so nicht gegeben hat und auch eine Regeneration aufgrund der weiteren Unterhaltungsbaggerungen nicht erfolgen konnte, lässt sich die UVU-Prognose durch die Ergebnisse nicht überprüfen. Einige faunistische Ergebnisse bzw. Entwicklungen im Bereich der Ausbaustrecke spiegeln allerdings generelle Wirkungen von Baggertätigkeiten unabhängig von deren Anlass wider. Sie sind aber aus den o.g. Gründen eben nicht als Wirkung der Maßnahme "Vertiefungsbaggerung" zu isolieren. So konnte sich z.B. ab 2003 bei den kleineren Wirbellosen nur noch der robuste Oligochaet Limnodrilus hoffmeisteri im Baggerbereich in größerer Anzahl behaupten. Insgesamt, d.h. auch unter Einbeziehung der Ausgangssituation von 1999, kann die Besiedlungsdichte der Baggerstrecke v.a. für die Oligochaeten als deutlich reduziert bezeichnet werden und lag mit durchschnittlich 10³ Ind./m² unterhalb der empirischen Raumkapazität von 10⁵ Ind./m² für schlickige Substrate der oligohalin/limnischen Tideelbe. Auffällig war in diesem Zusammenhang, ähnlich wie es für die Baggerstrecke der Außenelbe dokumentiert wurde, dass die Besiedlungsdichte einiger grö-Berer Taxa wie der Bathyporeia-Arten auch in der Unterelbe im Bereich intensiver Baggerungen unerwartet zunahm. Ebenso wie die Verarmung bei anderen Taxagruppen reflektiert dieser Befund eine mögliche Wirkung von Baggerungen.

Abb. 6: Mittlere Taxzahlen der Fraktion <250 µm-Oligochaeta [n/Station] im Untersuchungsraum Unterelbe (April 2004) und Variabilität (StAbw +/- s und Extrema), wobei: BSges = Ausbaubereich, gesamt (n = 13) & RFges = Referenzbereich, gesamt (n = 7); $BS_FaS = Baggerstrecke$, $Fahrrinne mittig (n = 8) \& RF_FaS = Referenzstrecke$, Fahrrinne mittig (n = 3); $BS_RaS = Baggerstrecke$, $Randstationen (n = 5) \& RF_RaS = Referenzstrecke$, Randstationen (n = 4)



Auswirkungen auf die wirbellose Bodentierwelt des Elbeästuars



Die Ausprägung der benthischen Faunengemeinschaften in der untersuchten Baggerstrecke war also bereits zum Zeitpunkt der "eigentlichen" Maßnahme das "Resultat" von intensiven Eingriffen und unterlag diesem Einflussfaktor auch nach den Vertiefungsarbeiten. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Baggerstrecke schon vor dem Ausbau durch eine arten- und individuenarme Makrozoobenthosgemeinschaft gekennzeichnet war, die durch die Ausbaubaggerungen nicht weiter degenerierte.

Zusätzlich erfolgten auch nach der Vertiefung weitere umfangreiche Unterhaltungsbaggerungen auf der untersuchten Baggerstrecke, so dass eine Regeneration der Fauna nach Abschluss der Vertiefungsarbeiten zumindest bis 2004 nicht eintreten konnte und damit auch nicht belegbar war. Dennoch liefern die Untersuchungsergebnisse Erkenntnisse, die zum Verständnis möglicher Wirkungen von Baggertätigkeiten auf die bodenlebende Wirbellosenfauna beitragen.



13. Welche Auswirkungen hatte die Aufspülung bei Twielenfleth

Im Rahmen der Beweissicherung zur Fahrrinnenanpassung von Unterund Außenelbe an die Containerschifffahrt wurde auch die Baggergutablagerungsfläche (BAF) Twielenfleth untersucht. Die BAF Twielenfleth, die als Strombauwerk die Strömung auf die Fahrrinne konzentriert, wurde im Jahr 2000 durch die Ablagerung von ca. 1,3 Mio. m³ sandigem Baggergut hergestellt. Dadurch wurde die Sohle in dem Bereich um bis zu 3 m aufgehöht, so dass ehemals tiefere Bereiche in diesem Abschnitt der Unterelbe zu sog. "erweiterten Flachwasserzonen" mit Wassertiefen zwischen 2 und 4 m wurden. Die ursprünglichen Sedimentbedingungen auf der aufgespülten Fläche wurden dadurch verändert. Auf der vorher durch heterogene Sedimente wie Schlick-, Klei-, Fein- und Grobsand geprägten Fläche kam es durch das Aufspülen von sandigem Materials zu einer Erhöhung des Anteils von Mittel- und Feinsand.

Die ursprüngliche bodenlebende Wirbellosenfauna ging zunächst durch die Sandaufschüttung vermutlich quantitativ verloren. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten aber eine rasche Wiederbesiedlung der aufgespülten Flächen. Durch die Monotonisierung des ehemals heterogenen Substratangebots setzten sich ausgesprochene Sandarten wie der Oligochaet *Propappus volki* und die Arten der Gattung Bathyporeia durch. Mit der zügig verlaufenden Neubesiedlung hat sich also erwartungsgemäß eine gegenüber dem Ausgangszustand 1998/99 andersartige Struktur der bodenlebenden Wirbellosen eingestellt.

1998/99 wurden insgesamt 9 Arten der größeren Wirbellosen und mehr als 15 Oligochaeten-Taxa festgestellt. Durch die Herstellung der Ablagerungsfläche wurden die Artenzahlen nicht reduziert; in 2003 konnten insbesondere bei den Oligochaeten sogar deutlich mehr Arten als 1998 festgestellt werden.

Im Hinblick auf die Besiedlungsdichten zeigten sich gegenüber der Ausgangssituation bei den größeren Wirbellosen bereits 2002/2003 keine auffällig geringeren Werte mehr. Dies gilt sowohl für die Ablagerungsfläche als auch für deren Nahbereiche. Die in 2003 ermittelten Ergebnisse ließen den Schluss zu, dass die Wiederbesiedlung im Hinblick auf die größeren Wirbellosen auf der BAF weitgehend abgeschlossen war und die festgestellten Unterschiede zwischen den Jahren nunmehr die natürliche Variabilität der "neuen" Rahmenbedingungen widerspiegeln. Bei den kleineren Wirbellosen ergeben sich für die Teilgebiete Ablagerungsfläche und Nahbereich etwas unterschiedliche Ergebnisse. Bei ausgeprägter räumlicher und zeitlicher Variabilität, wurde der Besiedlungsvorgang auf der Ablagerungsfläche erst in 2004 als abgeschlossen bewertet; sowohl Artenzahl als auch Besiedlungsdichte entsprachen zu diesem Zeitpunkt dem Erwartungswert. Etwas unsicherer ist die Einschätzung der Randbereiche, hier scheint die Besiedlung hinter einer potenziellen Besiedlungsdichte zurückzubleiben.

Die Befunde haben insgesamt gezeigt, dass die BAF Twielenfleth etwa vier Jahre nach der Beaufschlagung divers und abundant besiedelt war. In funktioneller und struktureller Hinsicht fand eine Annäherung an den Ausgangzustand von 1998 statt.





14. Wie sind die Ergebnisse einzuschätzen?

Die Ergebnisse der Untersuchungen zu den Auswirkungen der Fahrrinnenanpassung 1999/2000 auf die wirbellose Bodentierwelt von Unter- und Außenelbe haben gezeigt, dass es durch die Umlagerungen von Baggergut zu deutlichen Beeinträchtigungen der Bodentierwelt kommt. Das Ausmaß der Beeinträchtigungen ist u.a. vom Umfang der Baggerungen und Verklappungen, den örtlichen Bedingungen und der Vorbelastung abhängig. Die Beeinträchtigungen können Verschiebungen im Artenspektrum, eine Reduzierung der Artenzahl, der Abundanz und / oder der Biomasse sein.

Die Auswirkungen können jedoch nicht nur zu einer Reduzierung der Besiedlung führen, sondern offensichtlich kann die Störung die Besiedlungsdichte einzelner Arten auch erhöhen, die das umgelagerte Sediment schnell in hohen Dichten besiedeln.

Eine Wiederbesiedlung und Regeneration der gestörten Gemeinschaften zu einer der Ausgangssituation weitgehend ähnlichen Struktur findet in den untersuchten Gebieten im Elbeästuar relativ zügig innerhalb von überwiegend 1–2 Jahren statt (für einzelne Gruppen u.U. auch länger); auch dies ist wesentlich von der Art der betroffenen Gemeinschaften abhängig. Diese zügige Regeneration ist zum einen zurückzuführen auf die dort vorhandenen Gemeinschaften, die an eine hohe Sedimentdynamik angepasst sind. Zum anderen ist sie aber auch Ausdruck der vorhandenen Vorbelastung der wirbellosen Bodentierwelt z.B. das weitgehende Fehlen bestimmter Muschelarten, als Folge der vorhergehenden Ausbauten und der Unterhaltungsbaggerung.

Die Prognosen in der Umweltverträglichkeitsuntersuchung zum Planfeststellungsverfahren können im Wesentlichen durch die Ergebnisse der Begleituntersuchungen bestätigt werden; z.T. scheinen die Störungen jedoch etwas schwächer und die Wiederbesiedelung etwas zügiger verlaufen zu sein.



Eingeschränkt wurde die Aussagefähigkeit der Untersuchungen durch die bereits vorher und dann auch nach Abschluss der Vertiefung weiter laufende Unterhaltungsbaggerung. Dies führte dazu, dass die Auswirkungen der Vertiefung nicht in vollem Umfang von denen der Unterhaltungsbaggerung getrennt werden konnten.

Untersuchungen im Rahmen möglicher weiterer Anpassungsmaßnahmen im Elbeästuar sollten sich vor dem Hintergrund der Ergebnisse weiter auf der Beprobung exemplarischer Eingriffsschwerpunkte konzentrieren. Sie sollten jedoch stärker auf Flächen fokussieren, für die die Randbedingungen wie z.B. Vorbelastung, Art und Umfang der Störung, anschließende Unterhaltung klar zu identifizieren sind.



15. Glossar

Abundanz: die Zahl der Individuen bezogen auf eine Flächen- oder

Raumeinheit (z.B. Individuen pro Quadratmeter)

Ästuar: Tidebeeinflusstes Gewässer, in dem sich Flusswasser und

Meerwasser mischen Amphipoda: Flohkrebse Annelida: Ringelwürmer

Brackwasserzone: Zone, in der sich Salz- und Süßwasser mischen **Clitellata:** Clitellaten, umfassen die Gruppe der Oligochäten und Egel

Crustacea: Krebstiere

Eulitoral: Bereich in einem tidebeeinflussten Gewässer, der zwischen Niedrid- und Hochwasserlinie liegt und deshalb periodisch trockenfällt

("Watt"). Gegensatz: Sublitoral **Gammarida:** Familie der Flohkrebse

Gastropoda: Schnecken

Hydrozoa: Hydrozoen, Klasse der Nesseltiere

Insecta: Insekten

Kartennull (KN): entspricht Seekartennull (SKN)

Limnische Zone: Zone mit Salinitäten von < 0,5 %

MZB - Makrozoobenthos: bodenlebende Wirbellosenfauna ab 1 mm

Größe

Mesohaline Zone: Zone mit Salinitäten von 5–18 ‰ Oligochaeta: Wenigborster, Klasse der Annelida Oligohaline Zone: Zone mit Salinitäten von 0,5–5 ‰

Polychaeta: Vielborster oder Borstenwürmer, Klasse der Annelida

Polyhaline Zone: Zone mit Salinitäten von 18-30 %

Seekartennull (SKN): Bezugswasserstand in Seekarten. Bis 2005 war dies das mittlere Springtideniedrigwasser; seitdem ist es der örtlich niedrigstmögliche Gezeitenwasserstand. Das neue Seekartennull liegt etwa 0,5 m unter dem alten Seekartennull. Entspricht Kartennull (KN). **Sublitoral:** Lebensraum unterhalb der Niedrigwasserlinie, der also ständig unter Wasser ist (Gegensatz: Eulitoral)

Tidehub: der Unterschied zwischen dem mittleren Tidehochwasser und dem mittleren Tideniedrigwasser

Taxon: meint meist eine Art, kann aber auch mehrere Arten umfassen, die als Gruppe erfasst worden sind

UVU: Umweltverträglichkeitsuntersuchung. Teil der Antragsunterlagen, in denen die Auswirkungen der beantragten Maßnahme auf die Umwelt prognostiziert werden



Projektgruppe Beweissicherung im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg Moorweidenstraße14 20148 Hamburg www.bs-elbe.de